



PTO/SB/21 (09-04) (AW 10/2004)

Approved for use through 7/31/2006. OMB 0651-0031

U.S. Patent and Trademark Office: U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

**TRANSMITTAL
FORM**

(to be used for all correspondence after initial filing)

Total Number of Pages in This Submission

Application Number	10/585,768
Filing Date	July 12, 2006
First Named Inventor	Rolf Dahlbeck, et al.
Art Unit	Not Yet Assigned
Examiner Name	Not Yet Assigned
Attorney Docket No.	SNT-100US

ENCLOSURES (Check all that apply)

- | | | |
|---|--|---|
| <input type="checkbox"/> Fee Transmittal Form
<input type="checkbox"/> Fee Attached

<input type="checkbox"/> Amendment/Reply
<input type="checkbox"/> After Final
<input type="checkbox"/> Affidavits/Declaration(s)

<input type="checkbox"/> Extension of Time Request

<input type="checkbox"/> Express Abandonment Request

<input type="checkbox"/> Information Disclosure Statement

<input checked="" type="checkbox"/> Certified Copy of Priority Document(s)

<input type="checkbox"/> Response to Missing Parts/
Incomplete Application
<input type="checkbox"/> Response to Missing Parts
under 37 CFR 1.52 or 1.53 | <input type="checkbox"/> Drawing(s)

<input type="checkbox"/> Licensing-related Papers

<input type="checkbox"/> Petition

<input type="checkbox"/> Petition to Convert to a
Provisional Application

<input type="checkbox"/> Power of Attorney, Revocation,
Change of Correspondence
Address

<input type="checkbox"/> Terminal Disclaimer

<input type="checkbox"/> Request for Refund

<input type="checkbox"/> CD, Number of CD(s) _____
<input type="checkbox"/> Landscape Table on CD | <input type="checkbox"/> After Allowance Communication
to TC

<input type="checkbox"/> Appeal Communication to Board
of Appeals and Interferences

<input type="checkbox"/> Appeal Communication to TC
(Appeal Notice, Brief, Reply
Brief)

<input type="checkbox"/> Proprietary Information

<input type="checkbox"/> Status Letter

<input checked="" type="checkbox"/> Other Enclosure(s) (please
identify below): Claim to Right
of Priority; Return postcard |
|---|--|---|

Remarks:**SIGNATURE OF APPLICANT, ATTORNEY OR AGENT**

Firm Name	RatnerPrestia		
Signature			
Printed Name	Jonathan H. Spadt		
Date	August 14, 2006	Registration No.	45,122

CERTIFICATE OF TRANSMISSION / MAILING

I hereby certify that this correspondence is being facsimile transmitted to the USPTO or deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on the date shown below:

Signature			
Typed or Printed Name	Juli Lawrence	Date	August 14, 2006

This collection of information is required by 37 CFR 1.5. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.11 and 1.14. This collection is estimated to take 2 hours to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Office, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. **DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, ALEXANDRIA, VA 22313-1450.**

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.



PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Appln. No: 10/585,768
Applicant: Rolf Dahlbeck, et al.
Filed: July 12, 2006
Title: METHOD AND APPARATUS FOR MIXING AT LEAST FLUIDS IN A
MICROMIXING REACTOR
TC/A.U.: Not Yet Assigned
Examiner: Not Yet Assigned

CLAIM TO RIGHT OF PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Pursuant to 35 U.S.C. § 119, Applicants hereby claim the benefit of prior German Patent Application No. 10 2004 001 852.9, filed January 13, 2004.

A certified copy of the above-referenced application is enclosed.

Respectfully submitted,


Jonathan H. Spadt, Reg. No. 45,122
Attorney for Applicants

JHS/jal

Enclosure: Certified Copy of Patent Application No. 10 2004 001 852.9

Dated: August 14, 2006

P.O. Box 980
Valley Forge, PA 19482-0980
(610) 407-0700

The Director is hereby authorized to charge or credit Deposit Account No. 18-0350 for any additional fees, or any underpayment or credit for overpayment in connection herewith..

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first class mail, with sufficient postage, in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on:
AUGUST 14, 2006


Juli Lawrence

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung DE 10 2004 001 852.9 über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 10 2004 001 852.9

Anmeldetag: 13. Januar 2004

Anmelder/Inhaber: Syntics GmbH, 44799 Bochum/DE
Erstanmelder: ACPT GmbH, 44799 Bochum/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zum Mischen wenigstens zweier Fluide in einer Mikrostruktur

IPC: B 01 F, B 01 J, B 01 F

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

München, den 25. Juli 2006
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

BEST AVAILABLE COPY

Wallner

Verfahren und Vorrichtung zum Mischen wenigstens zweier Fluide in einer Mikrostruktur

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren gemäß Oberanspruch 1 und einen statischen Mikromischreaktor gemäß Hauptanspruch 12 mit gesteuerter Temperaturführung, der an unterschiedliche Stoffströme anpassbar ist, zum Mischen von mindestens 2 Fluiden.

In der Chemie fällt häufig die Problemstellung an, dass beim Mischen von mindestens 2 Fluiden eine stark exotherme oder eine stark endotherme Reaktionen zwischen den beteiligten Fluiden stattfindet. Im ersten Fall ist es wichtig, die anfallende Wärme schnell abzuführen, im zweiten Fall muss genügend Wärme hinzugeführt werden, damit die Reaktion stattfinden kann. Erschwerend wird die Prozessführung, wenn die Reaktion schnell abläuft.

Es ist wünschenswert, dass sowohl beim exothermen als auch beim endothermen Prozess die Mischreaktion bei einer konstanten, einstellbaren Prozesstemperatur abläuft.

Aus DE 101 03 425 A1 ist ein statischer Mikromischer mit geschichtetem Aufbau bekannt, bei dem die Stoffströme im Wesentlichen mäanderartig über 2 Ebenen die Mischapparatur durchlaufen, wobei sich in Strömungsrichtung die Strömungsquerschnitte kontinuierlich verringern. Dabei sollen die Stoffströme entweder z. B. durch eine elektrische Temperiereinrichtung geheizt oder durch ein Kühlmedium gekühlt werden. Nachteilig an diesem Verfahren ist, dass durch die Verengungen der Strömungsquerschnitte und die zahlreichen Umlenkungen ein hoher Druckabfall resultieren kann. Zudem gestaltet sich das Zuführen von mehr als 2 Fluiden als schwierig.

Aus DE 100 41 823 C 2 und WO 02/16017 A3 ist eine Erfindung bekannt, bei der eine Vielzahl von Fluidströme der beiden Fluide zuerst in eine Einlasskammer zusammengeführt werden, anschließend durch einen Fokussierungskanal gepresst werden und schließlich in eine Expansionskammer gelangen. Eine Temperaturkontrolle der Mischreaktion ist nicht vorgesehen. Von Nachteil sind die langen Wege, die die Fluide zurücklegen müssen in

Verbindung mit dem bereits zum Teil in der Einlasskammer einsetzenden Mischprozess, wodurch über die gesamte Mischstrecke die bereits gemischten Medien mitgeführt werden müssen. Dadurch kann sowohl der nachfolgende Mischprozess behindert werden. Zudem kann gerade bei instabilen Mischungen ein Teil der Mischung bereits wieder in unerwünschte Nebenprodukte zerfallen.

DE 101 23 092 A1 beschreibt ein Verfahren und einen statischen Mischer, bei dem eine Vielzahl getrennter Fluidströme von mindestens 2 Fluide zuerst in einer Einlasskammer zusammengeführt werden, anschließend durch einen Fokussierungskanal gepresst werden und schließlich in einer Wirbelkammer einmünden. Damit sich in der Wirbelkammer für den Mischprozess ausreichende Fluidspiralen entwickeln können, muss der Querschnitt der Wirbelkammer groß genug, mindestens aber 2 mm groß gewählt werden. Zudem ist zur Bildung der Fluidspiralen eine kleine Auslassöffnung im Zentrum der Boden- oder Deckenplatte der Wirbelkammer erforderlich. Eine Temperierung des Mischprozesses ist nicht vorgesehen. Aufgrund des für Mikrostrukturen großen Querschnittes ist eine Kühlung auch nur schwer möglich, insbesondere wenn eine homogene Temperaturverteilung in der Wirbelkammer gefordert ist. Nachteilig ist zudem, dass der Mischprozess bereits bei dem Zusammenführen der Teilfluidströme zu einem Gesamtfluidstrom in der Einlasskammer einsetzt. Dadurch wird das bereits gemischte Medium über die weitere Mischstrecke mitgeführt, wodurch der nachfolgende Mischprozess beeinträchtigt werden kann und wodurch insbesondere instabile Mischungen bereits in unerwünschte Nebenprodukte zerfallen sein können. Zudem kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich in den Ecken der Wirbelkammer in Höhe der Auslassöffnung Totvolumina bilden, d. h. sog. Totwasserbereiche, in denen die Fluide und/oder die Mischung nicht oder nur ungenügend bewegt werden.

In DE 101 23 093 A 1 wird ein Verfahren und eine Erfindung beschrieben, bei der der Mischprozess ebenfalls in einer Wirbelkammer stattfindet. Ebenso wie oben diskutiert, ist hier die Ausbildung von Fluidspiralen erforderlich, die sich in der Wirbelkammer lammellenartig über- und nebeneinander legen müssen. Auch hier muss daher ein großer Querschnitt für die Wirbelkammer gewählt werden mit einem zentralen Abfluss im Zentrum der Boden- oder Deckenplatte der Wirbelkammer. Eine Kühlung oder Beheizung des Mischprozesses ist nicht vorgesehen und auch technisch nicht leicht realisierbar. Ebenso wie in DE 101 23 092 A1 ist mit Totvolumina zu rechnen.

EP 0 758 918 B1 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung, bei der mindestens zwei Reaktionspartner durch eine ihnen jeweils zugeordnete Schar von Mikrokanälen in räumlich getrennte Mikroströme aufgeteilt werden, die anschließend als Freistrahlen in einen gemeinsamen Misch- und Reaktionsraum austreten. Die Mikroströme treten als benachbarte Fluidlamellen von einer Seite in den Mischraum mit der für das jeweilige Edukt gleichen Strömungsgeschwindigkeit und vermischen sich durch Diffusion und/oder Turbulenz. Die Mischgüte und die Ausbeute an erwünschtem Produkt hängen in großem Maße vom Verhältnis der durch die Reaktionskinetik gegebenen chemischen Reaktionsgeschwindigkeiten zur Mischgeschwindigkeit ab. Freistrahlsprozesse sind bereits seit langem bekannt von Brennvorgängen in Brennkammern. Eine effiziente Ausnutzung hängt wesentlich an vom Verhältnis des Freistrahldurchmessers zur Größe der Misch-/Reaktionskammer. Die notwendige freie Weglänge für den Freistrahls begrenzt die Miniaturisierung der Misch-/Reaktionskammer.

Ansichts des skizzierten Standes der Technik hat das Verfahren und die Erfindung die Aufgabe eine Mischung von mindestens 2 Fluiden zu realisieren mit einer möglichst exakten, isothermen Temperaturführung, wobei die Erfindung eine variable Anpassung an verschiedene Durchflussmengen der beteiligten Fluide ermöglichen soll und möglichst einfach, modular, kompakt und preiswert aufgebaut werden kann.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Verfahren nach Hauptanspruch 1 und einen Mikromischreaktor nach Hauptanspruch 12 gelöst.

Im Sinne dieses Verfahrens wird der Begriff Fluid sehr weitläufig aufgefasst und beschränkt sich nicht nur auf Flüssigkeiten.

Ebenso sind die Begriffe Mischer und Mischen sehr weit zu verstehen, zumal erfindungsgemäß auch das Herstellen von Emulsionen möglich ist.

Benachbarte und /oder übereinander liegende Fluidströme sind als Fluidlamellen aus DE 101 23 092 A1 und DE 101 23 093 A 1 bereits bekannt.

Unter Mikrostrukturen sind in diesem Zusammenhang Strukturen zu verstehen, die mindestens in einer Dimension kleiner als 1 mm sind.

Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst mindestens 3 Verfahrensschritte: Das Einleiten von mindestens 2 Fluide als 2 oder mehr Teilströme in eine oder mehrere Misch-/Reaktionskammern, wobei die Teilströme von mindestens 2 Seiten in nebeneinander und/oder übereinander liegenden Fluidteilströmen in vorteilhafter Weise so eingeleitet werden, dass sie auf einen zentral in der Mitte der Misch-/Reaktionskammer befindlichen Temperierzylinder auftreffen und um ihn herum fließen, wodurch die eigentliche Vermischung erfolgt. Gleichzeitig zur nunmehr einsetzenden Mischreaktion erfolgt in einem zweiten Verfahrensschritt die Kontrolle der Mischreaktion durch den erwähnten Temperierzylinder und/oder außen an der Misch-/Reaktionskammer befindliche Temperiereinrichtungen derart, dass optimal eine isotherme Mischreaktion stattfindet. In einem dritten Verfahrensschritt wird die Mischung kontinuierlich aus einer ringförmigen Öffnung im Boden oder im Deckel der Misch-/Reaktionskammer abgelassen.

Der zentrale Temperierzylinder bewirkt eine Aufspaltung der einzelnen Fluidströme in 2 in etwa gleich große Teilfluidströme, die sich in Uhrzeigerrichtung und entgegen der Uhrzeigerrichtung um den Temperierzylinder herum bewegen, um auf die entgegen gerichteten Teilfluidströme eines anderen Eduktes zu treffen. In einer alternativen Prozessführung werden die Teilfluidströme mit einer Vorzugsdrehrichtung in die Misch-/Reaktionskammer eingeführt. Der innige Kontakt mit dem zentralen Temperierzylinder begünstigt die isotherme Prozessführung.

In einer bevorzugten weiteren Ausgestaltungsform werden die Teilströme der Fluide in der Weise in die Misch-/Reaktionskammer eingeführt, dass sich 2 benachbarte Teilströme unterschiedlicher Fluide bevorzugt umgehend kreuzen.

In einer weiteren Ausgestaltungsform treffen die Teilströme auf sich in der Misch-/Reaktionskammer befindliche Mikrostrukturen, die durch Zerteilen, Umlenken und Brechen der Fluidströme eine Verwirbelung der Teilströme begünstigen.

Zur Bestimmung der Temperatur wird in vorteilhafter Weise ein Temperaturfühler in oder in der Nähe der Misch-/Reaktionskammer integriert, bevorzugt in oder an der Auslassöffnung für die Mischung. Die Temperaturmessung erfolgt bevorzugt über Thermoelemente, Widerstandsthermometer, Thyristoren oder durch Strahlungsmessung.

Vorteilhaft ist die Wandstärke zwischen den innen liegenden Temperierzylindern und den Misch-/Reaktionskammern als auch zwischen den Misch-/Reaktionskammern und den außen liegenden Temperiereinrichtungen bevorzugt zwischen 50 μm und 1000 μm dick, besonders bevorzugt zwischen 100 μm und 500 μm dick.

Die Temperierung erfolgt vorteilhaft durch ein Fluid, das die in einer exothermen Mischungsreaktion entstehende Wärme umgehend abführt bzw. für eine endotherme Mischungsreaktion notwendige Wärme zuführt. Besonders vorteilhaft kann die für eine endotherme Mischungsreaktion erforderliche Wärme auch elektrisch der Temperiereinheit, z. B. einer Widerstandsheizung, zugeführt werden.

Vorteilhaft bei einer endothermen Mischungsreaktion werden die Fluide bereits mit der notwendigen Temperatur den Misch-/Reaktionskammern zugeleitet, so dass die Temperiereinrichtungen nur noch die bei der endothermen Mischungsreaktion umgewandelte Wärme wieder zuführen müssen, so dass über die gesamte Länge der Misch-/Reaktionskammern die Fluide die gleiche Temperatur besitzen. Dies erfolgt vorteilhaft durch Heizeinrichtungen, die sich zwischen je 2 Folien mit Zuführkanälen für die Fluidteilströme befinden.

Die sich in den Misch-/Reaktionskammern befindlichen Mikrostrukturen bewirken eine schnellere Vermischung der Teilströme der Fluide, so dass durch die Verwirbelung eine diffusive Mischung begünstigt wird und in den meisten Anwendungen ein einmaliges Durchlaufen der beschriebenen 3 Verfahrensschritte ausreichend ist.

Vorteilhaft kann durch ein Hintereinanderschalten der Misch-/Reaktionskammern das Mischungsergebnis verbessert werden.

Durch die sich in der Misch-/Reaktionskammer befindlichen Mikrostrukturen und der damit verbundenen schnelleren Durchmischung der Fluidteilströme kann die Misch-/Reaktionskammer in der Länge kurz ausgelegt werden, bevorzugt zwischen 1 mm und 20 mm. Dies begünstigt in vorteilhafter Weise eine kompakte Bauform und die Integration des Verfahrens in klein dimensionierte Anlagen, bevorzugt in Mikroreaktionssysteme, wie sie aus DE 103 35 038.3, DE 199 17 330 A 1 und DE 202 01 753 U 1 bekannt sind. Aufgrund der

geringen Länge der Misch-/Reaktionskammern spielen Druckverluste in den Misch-/Reaktionskammern nur eine sehr untergeordnete Rolle.

Die Teilströme werden vorteilhaft in in Richtung der Misch-/Reaktionskammer sich geometrisch verjüngenden Zuführkanälen geführt, die im Bereich der Einleitungsöffnung bevorzugt eine Breite zwischen 50 μm und 250 μm und eine Tiefe von ebenfalls zwischen 20 μm und 250 μm aufweisen. Die Zuführkanäle befinden sich vorteilhaft in Platten oder Folien mit Dicken bevorzugt zwischen 50 μm und 500 μm , die übereinander gestapelt werden.

In einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Fluid, bevorzugt ein einen die Mischung stabilisierenden Hilfsstoff aufweisendes Fluid oder ein einen Katalysator tragendes Fluid, durch eine Öffnung gegenüber liegend zum Auslass in die Misch-/Reaktionskammern eingelassen. Dadurch bekommt der Hilfsstoff bzw. der Katalysator eine besonders lange Verweilzeit in den Misch-/Reaktionskammern. Alternativ kann der Hilfsstoff bzw. der Katalysator auch bereits einem oder mehreren Fluiden beigemischt sein.

In einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird durch die den Auslässen der Misch-/Reaktionskammern gegenüber liegenden Öffnungen ein treibendes Fluid (z. B. ein inertes Gas oder eine Flüssigkeit) eingeführt, wodurch die Verweilzeit des Mischungsmediums in den Misch-/Reaktionskammern wesentlich verkürzt werden kann. Dies ist insbesondere bei extrem schnellen Mischungsreaktionen von Vorteil.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Innenwände der Misch-/Reaktionskammern sowie die sich in den Misch-/Reaktionskammern befindlichen Mikrostrukturen mit einem Katalysator beschichtet bzw. sind die Mikrostrukturen aus einem katalytisch wirkenden Material hergestellt.

Vorteilhaft sind die Einmündungen derart geformt, dass sich neben- bzw. übereinander befindliche Teilströme unterschiedlicher Fluide durchkreuzen. Bevorzugt werden die Teilströme nicht unmittelbar auf der Höhe der Auslassöffnung in die Misch-/Reaktionskammern eingeleitet.

Vorteilhaft besitzen die Misch-/Reaktionskammern eine zylindrische Form mit rundem oder elliptischem Querschnitt, die sich durch das Aufeinanderstapeln der Platten oder Folien mit den Zuführkanälen ergibt. Die Kühlzylinder in den Misch-/Reaktionskammern haben vorzugsweise einen runden oder elliptischen Querschnitt.

Vorteilhaft wird das Mischungsverhältnis der Fluide durch die Anzahl der Fluidteilströme der an der Mischungsreaktion beteiligten Fluide bestimmt. Dies wird bevorzugt durch Anzahl und Ausgestaltung der die Fluidteilströme tragenden einzelnen Platten oder Folien erreicht

Die Aufgabe wird zudem gelöst durch die Merkmale des Hauptanspruchs 12. Danach werden bei einer Vorrichtung zum Mischen von mindestens 2 Fluiden die Fluide getrennt von mindestens 2 Seiten in nebeneinander und/oder übereinander liegenden Fluidteilströmen den Misch-/Reaktionskammern zugeführt, die zentral in der Mitte der Misch-/Reaktionskammer Temperierzylinder besitzen. Die Mischung wird am Boden oder am Deckel der Misch-/Reaktionskammern kontinuierlich abgeführt.

Vorteilhaft wird die Temperatur der Mischreaktionen durch die erwähnten Temperierzylinder und/oder durch die sich außen an den Misch-/Reaktionskammern befindlichen Temperiereinrichtungen geregelt.

In einer vorteilhaften Ausführungsform befinden sich in den Misch-/Reaktionskammern Mikrostrukturen, an denen sich die Fluidteilströme brechen, beugen und umlenken, wodurch eine zusätzliche intensive Verwirbelung der Fluidteilströme erfolgt.

In einer weiteren besonders vorteilhaften Ausführungsform werden die Fluidteilströme so in die Misch-/Reaktionskammern zugeführt, dass sich benachbarte Fluidteilströme unterschiedlicher Edukte möglichst unmittelbar nach ihrem Eintritt in die Misch-/Reaktionskammern gegenseitig durchkreuzen. Dies wird bevorzugt realisiert, indem die Tiefe der Zuführkanäle und gleichzeitig deren Breite derart geändert wird, dass die Fluidteilströme eine bevorzugte Strömungsrichtung in die Misch-/Reaktionskammern hinein erhalten.

Mit der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Vorrichtung, die aus übereinander gestapelten Platten oder Folien besteht, lassen sich 2 oder mehrere Fluide schnell und unter Aufrechterhaltung isothermer Prozessbedingungen auf einfache Weise miteinander

vermischen. Auch unterschiedliche Mischverhältnisse sowie die Zuführung von der Mischung stabilisierende Hilfsstoffe oder die Nutzung von Katalysatoren lassen sich ebenfalls auf einfache Weise realisieren.

Erfindungsgemäß befindet sich in den Misch-/Reaktionskammern, bevorzugt gegenüber der Auslassöffnung, ein Einlass für Fluide, bevorzugt einen die Mischung stabilisierenden Hilfsstoff aufweisende Fluide oder einen Katalysator tragende Fluide. Dadurch ist die Verweilzeit für den Hilfsstoff bzw. den Katalysator in den Misch-/Reaktionskammern besonders lang und der Hilfsstoff bzw. der Katalysator kommt mit besonders vielen Fluidteilströmen in Berührung. Alternativ kann der Hilfsstoff bzw. der Katalysator auch bereits einem oder mehreren Fluiden beigemischt sein oder in Form von Fluidteilströmen zugeführt werden.

In einer vorteilhaften Ausführungsform der vorgeschlagenen Vorrichtung wird durch die den Auslässen der Misch-/Reaktionskammern gegenüber liegenden Öffnungen ein treibendes Fluid (z. B. ein inertes Gas oder eine Flüssigkeit) eingeführt, wodurch die Verweilzeit des Mischungsmediums in den Misch-/Reaktionskammern wesentlich verkürzt werden kann.

Erfindungsgemäß können die sich in den Misch-/Reaktionskammern befindlichen Mikrostrukturen sowohl starr eingebaut werden, indem sie vorteilhaft gemeinsam mit den die Zuführkanäle tragenden Platten oder Folien hergestellt werden, und/oder als eigenständig hergestellte Bauteile beweglich in die Misch-/Reaktionskammern eingefügt werden.

Erfindungsgemäß weist die Misch-/Reaktionskammer einen Durchmesser von unter 2 mm bei einer zylindrischen Form mit bevorzugt rundem oder elliptischem Querschnitt auf. Die Fluidteilströme werden vorteilhaft im oberen Teil des Zylinders zugeleitet, falls sich die Abflussöffnung im Boden befindet und umgekehrt. Aufgrund der geringen Höhe der Misch-/Reaktionskammer, die bevorzugt zwischen 5 mm und 20 mm lang ist, sind die Druckverluste in der Misch-/Reaktionskammer gegenüber den Druckverlusten in den Zuführungen als gering anzusehen. Vorteilhaft ist der Boden oder der Deckel, je nachdem, wo die Mischung abgeführt werden soll, durch eine Ringöffnung fast vollständig offen gestaltet. Dadurch werden Totwasserzonen um die Abflussöffnung herum vermieden.

Ebenso wie die Misch-/Reaktionskammern besitzen die Kühlzylinder bevorzugt einen runden oder elliptischen Querschnitt.

Vorteilhaft ist die Wandstärke zwischen den innen liegenden Temperiereinrichtungen und den Misch-/Reaktionskammern als auch zwischen den Misch-/Reaktionskammern und den außen liegenden Temperiereinrichtungen bevorzugt zwischen 50 μm und 1 mm dick, besonders bevorzugt zwischen 100 μm und 500 μm dick.

Erfindungsgemäß besteht die Temperiereinrichtung zur Abfuhr von bei der Mischreaktion entstehender Wärme bzw. zur Zufuhr von Wärme aus einem Fluid, das innen und/oder außen an der Misch-/Reaktionskammer entlang geführt wird.

In einer alternativen Ausführungsform erfolgt die Energiezufuhr für eine Heizvorrichtung elektrisch, bevorzugt in Form einer Widerstandsheizung.

Vorteilhaft werden die Fluide als Fluidteilströme in Zuführkanälen den Misch-/Reaktionskammern zugeleitet, wobei die Zuführkanäle im Bereich der Einleitungsöffnung bevorzugt eine Breite zwischen 30 μm und 150 μm und eine Tiefe zwischen 20 μm und 250 μm aufweisen. Die Zuführkanäle befinden sich vorteilhaft in Platten oder Folien mit Dicken bevorzugt zwischen 50 μm und 500 μm , die übereinander gestapelt werden. Bevorzugt werden die Teilströme alternierend neben- und/oder übereinander geführt, so dass immer Teilströme anderer Fluide sich neben- und/oder übereinander befinden und gleichzeitig immer Teilströme unterschiedlicher Fluide auf der gleichen Ebene gegenüberliegend in die Misch-/Reaktionskammern eingeführt werden.

Erfindungsgemäß sind die Einleitungsöffnungen so gestaltet, dass sich übereinander liegende Fluidströme besonders vorteilhaft unmittelbar nach der Einleitung durchkreuzen, wodurch die Durchmischung stark beschleunigt wird.

Vorteilhaft befinden sich in einer alternativen Ausführungsform, bevorzugt bei endothermen Mischreaktionen, jeweils zwischen 2 die Zuführkanäle enthaltenen Platten oder Folien Heizeinrichtungen, mit denen die Fluidteilströme z. B. bereits auf die für die endotherme Mischreaktion gewünschte Temperatur gebracht werden können.

Erfindungsgemäß besitzt der Mikromischreaktor eine Fluidverteilungsebene, über die die Fluide variabel entsprechend der gewünschten Durchflussmenge auf eine oder mehrere Misch-/Reaktionskammern aufgeteilt werden. Zudem kann der Mikromischreaktor vorteilhaft über die Anzahl der die Zuführkanäle tragenden Platten oder Folien an die Durchflussmenge angepasst werden. Ferner wird in vorteilhafter Weise das Mischungsverhältnis der beteiligten Fluide über die Anzahl und Ausgestaltung der die Fluidteilströme tragenden Platten oder Folien eingestellt.

Erfindungsgemäß besitzt die Fluidverteilerebene zur Messung der Temperatur der Mischung einen Temperaturfühler, der bevorzugt im oder am Auslasskanal der Mischung angebracht ist. Besonders bevorzugt kann die Temperaturmessung in den Misch-/Reaktionskammern bzw. in den oder an den Auslässen der Misch-/Reaktionskammern integriert werden. Die Temperaturmessung erfolgt bevorzugt über Thermoelemente, Widerstandsthermometer, Thyristoren oder durch Strahlungsmessung.

Erfindungsgemäß besitzt die Vorrichtung eine Ebene, in der durch entsprechende Strukturen die Möglichkeit geschaffen wird, ein Heiz- oder Kühlmedium wieder zurück zu führen, so dass die Misch-/Reaktionskammern sowohl von innen als auch von außen temperiert werden können.

Erfindungsgemäß werden die Misch-/Reaktionskammern in Reihe oder in einer alternativen Ausführungsform in Reihen und Spalten angeordnet. Die kompakte Bauweise begünstigt dabei vorteilhaft die Integration der Vorrichtung in andere Systeme, bevorzugt in Mikroreaktionssysteme, besonders bevorzugt in modulare Mikroreaktionssysteme.

Die Vorrichtung weist in einer alternativen Ausführungsform erfindungsgemäß Verbindungen zwischen mehreren Misch-/Reaktionskammern auf. Dadurch wird die vorteilhafte Möglichkeit geschaffen, dass die Mischung durch ein nacheinander erfolgendes Durchlaufen mehrerer Misch-/Reaktionskammern verbessert wird

Erfindungsgemäß werden in einer alternativen Ausführungsform der Vorrichtung die Innenwände der Misch-/Reaktionskammern sowie die sich in den Misch-/Reaktionskammern befindlichen Mikrostrukturen mit einem Katalysator beschichtet bzw. sind die Mikrostrukturen aus einem katalytisch wirkenden Material hergestellt.

Vorteilhaft bestehen die Platten oder Folien, aus denen der Mikromischreaktor zusammengefügt wird, aus hinreichend inertem Material, bevorzugt Metalle, Halbleiter, Legierungen, Edelstähle, Verbundmaterialien, Glas, Quarzglas, Keramik oder Polymermaterialien oder aus Kombinationen dieser Materialien.

Als geeignete Verfahren zum fluidisch dichten Verbinden der genannten Platten oder Folien kommen z. B. Verpressen, Nieten, Kleben, Löten, Schweißen, Diffusionslöten, Diffusionsschweißen, anodisches oder eutektisches Bonden in Frage.

Die Strukturierung der Platten und Folien kann z. B. erfolgen durch Fräsen, Laserablation, Ätzen, dem LIGA-Verfahren, galvanisches Abformen, Sintern, Stanzen und Verformen.

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung werden vorteilhaft zur Mischung von mindestens zwei Stoffen verwendet, wobei beide Stoffe in einem eingeleiteten Fluid oder ein erster Stoff in einem ersten Fluid und ein zweiter Stoff oder weitere Stoffe in einem oder mehreren weiteren eingeleiteten Fluiden enthalten sind. Besonders vorteilhaft werden das Verfahren und die Vorrichtung verwendet für exotherme oder endotherme Mischreaktionen, alternativ für Mischungen unter Hinzufügung von einem die Mischung stabilisierenden Hilfsstoff oder einem die Mischreaktion unterstützenden Katalysator.

Anhand der Zeichnungen wird die Erfindung nachstehend beispielsweise näher erläutert. Die Erfindung beinhaltet, dass unterschiedlich viele, mindestens eine, Misch-/Reaktionskammern in einer Reihe angeordnet sind. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind jedoch nur die Strukturen für eine Misch-/Reaktionskammer angegeben. Diese Strukturen wiederholen sich auf jeder Ebene periodisch entsprechend der Anzahl der Misch-/Reaktionskammern. Obwohl die Erfindung auch die Zuführung und das gleichzeitige Mischen von mehr als zwei Edukten ermöglicht, wird aus Gründen der Übersichtlichkeit die Erfindung nur am Beispiel von zwei Edukten erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine Querschnittsansicht des Mikroreaktionsmischers in einem Gehäuse,

Fig. 2a Darstellung einer Mischfolie für die Ebene 8a,

- Fig. 2b Detailansicht einer Mischfolie, darstellend die **Ebene 8a**,
 Fig. 3a Darstellung einer Mischfolie für die **Ebene 8b**,
 Fig. 3b Detailansicht einer Mischfolie, darstellend die **Ebene 8b**,
 Fig. 4a Aufbau des Folienstapels im Querschnitt über die **Ebene 6** bis **Ebene 9**,
 Fig. 4b Draufsicht auf eine Ebene mit Mischkammer in Fig. 4a,
 Fig. 5a bis
 Fig. 5d schematisch eine Explosionsdarstellung des Schichtaufbaues mit **Ebene 0** bis
Ebene 12, und
 Fig. 6 eine Mikrostrukturierung als **Ebene 8c** für die alternative Ausführungsform mit
 Zuführung eines Katalysators oder eines Fluids, das einen eine Mischung
 stabilisierenden Hilfsstoff trägt.

Gemäß Fig. 1 umfasst eine erfindungsgemäße Vorrichtung einen Stapel S aus unterschiedlich strukturierter Platten oder Folien, die durchaus eine unterschiedliche Dicke haben können. Dieser Folienstapel wird vorteilhaft z. B. in ein Gehäuse 1 eingebaut.

Der Stapel S liegt auf einer Auflageplatte 1a des Gehäuses auf, wobei durch seitliche Bohrungen 17 die zu mischenden Edukte A und B zugeführt werden. Auf der gegenüberliegenden Seite wird die Mischung der zugeführten Edukte A und B über eine oder mehrere Bohrungen 17a abgeführt.

Die Edukte A und B gelangen über die Bohrungen 17 in entsprechende Durchführungsbohrungen in einer **Ebene 0** in Fig. 5a und von dieser auf eine Fluidverteilerplatte (**Ebene 1**). Die Zuführkanäle 18a und 18b, die gebildet sind aus z. B. durch Ätzen erzeugte Mikrostrukturen, bringen die Edukte in die Verteilerarme 18c und 18d. Durch die Länge der Verteilerarme 18c und 18d wird bestimmt, wie viele Misch-/Reaktionskammern 9 für die Mischung genutzt werden. Auf diese Weise wird erfindungsgemäß eine Möglichkeit geschaffen, die Misch-/Reaktionskapazität auf einfache Weise an die Durchflussmengen der Fluide anzupassen.

Erfindungsgemäß weist eine nächste Folie (**Ebene 2**) zwei Durchbrüche 3a und 3b auf. Durch diese Durchbrüche 3a und 3b gelangen die Edukte A und B in die Verteilkanäle 4a und 4b der darüber liegenden **Ebene 3**. Durch diese vorteilhafte Strukturierung wird eine erste Aufteilung der Fluidströme erreicht, so dass sie auf den **Ebenen 8a** und **8b** sowohl über- und

nebeneinander liegend als auch gegenüber liegend in die Misch-/Reaktionskammern 9 eingeleitet werden können.

Die Edukte A und B fließen über Durchbrüche 3a und 3c (z. B. Edukt A) sowie Durchbrüche 3b und 3d in den **Ebenen 4 bis 7** (Fig. 5b) bis zu den **Ebenen 8a und 8b**, auf denen die eigentliche Mischung stattfindet. Ringförmige Misch-/Reaktionskammern 9 werden gebildet durch ein alternierendes Aufeinanderschichten der Folien mit **Ebene 8a und Ebene 8b**. Auf den **Ebenen 8a** schließen sich an die Durchbrüche 3a und 3b horizontale Zuführkanäle 10a und 10b an, die die Edukte A bzw. B zu den Misch-/Reaktionskammern 9 leiten. Die Durchbrüche 3c und 3d dienen nur dem Weiterleiten der Edukte A und B auf die nächste **Ebene 8b**. Die Zuführkanäle 10a und 10b sind derart mikrostrukturiert, dass sie sich zu den Einmündungen 14 hin horizontal verengen. Weiter kann vorgesehen werden, die Einmündungen 14 nicht nur horizontal zu verengen, sondern gleichzeitig die Tiefe zu verringern. Damit wird ein gerichtetes Einströmen der Fluidteilströme leicht nach oben in die Kammer 9 erreicht.

Die Durchbrüche 3b' und 3d' auf der **Ebene 8b** sind mit den Zuführkanälen 10a' und 10b' verbunden. Die Folien der **Ebene 8b** werden in vorteilhafter Weise mit der mikrostrukturierten Seite nach unten gestapelt, so dass die Edukte B bzw. A zu den Misch-/Reaktionskammern 9 geleitet werden. Auf der **Ebene 8b** dienen die Durchbrüche 3c' und 3d' der Weiterleitung der Edukte A und B zur nächsten **Ebene 8c**. Die Zuführkanäle 10a' und 10b' leiten aufgrund der Stapelung der Folie mit der Mikrostrukturierung nach unten die Edukte A und B an den Einmündungen 14' nunmehr leicht nach unten gerichtet in die Misch-/Reaktionskammern 9 ein. Erfindungsgemäß wird dadurch auf einfache Weise erreicht, dass sich Fluidteilströme der Edukte A und B praktisch unmittelbar nach ihrem Einfließen in die Misch-/Reaktionskammern 9 gegenseitig durchdringen und somit vermischen.

Die Anpassung der Misch-/Reaktionskapazität an die Durchflussmengen erfolgt nicht nur durch die Länge der Verteilerarme 1c und 1d auf der Verteilerplatte (**Ebene 1**), sondern auch durch die Anzahl der Wiederholungen der Folien der **Ebenen 8a und 8b**, die jeweils eine ringförmige Misch-/Reaktionskammer 9 aufweisen.

Andere Mischungsverhältnisse als 50:50 an Edukt A und B werden dadurch erreicht, dass eine entsprechende Anzahl an Folien der **Ebene 8a** und/oder **8b** keine Zuführkanäle 10a - 10b' haben.

Fig. 2a zeigt in einer Draufsicht eine Platte oder Folie F, auf der in einer Reihe mehrere der in Fig. 2b wiedergegebenen Mikrostrukturen mit ringförmiger Mischkammer ausgebildet sind. Auf dem Umfang der scheibenförmigen Folie F sind Ausnehmungen F1 zur Positionierung der Folie im Gehäuse 1 vorgesehen. Eine Folie F nach Fig. 2a und 2b entspricht der **Ebene 8a** in Fig. 5c, während die entsprechende Darstellung in Fig. 3a und 3b der **Ebene 8b** entspricht. Die ringförmigen Misch-/Reaktionskammern 9 sind bei diesem Ausführungsbeispiel oval um einen mittigen Hohlzylinder 7 mit ovalem Querschnitt ausgebildet, durch den ein Temperierfluid fließt. Die Wandstärke 7a dieses Temperierzylinders 7 ist vorzugsweise kleiner als 1 mm, beispielsweise 50 bis 100 μ . Auf dem Außenumfang sind die Kammern 9 auf den langen Seiten von einem langgestreckten Rückführkanal 6a und 6b umgeben, durch den ebenfalls Fluid zur Temperierung der Misch-/Reaktionskammer 9 strömt. Entsprechend ist die Wandstärke zwischen diesen flachen, gekrümmten Kanälen 6a, 6b und den Reaktionskammern 9 dünn ausgebildet, vorzugsweise kleiner 1 mm, beispielsweise 50 bis 100 μ .

Durch die Schraffur der Kanäle 10a und 10b in Fig. 2b und 3b ist ein zur Zeichenebene schräger Verlauf des Kanals angedeutet.

In Fig. 2b und 3b ist zu erkennen, dass die Edukte A und B an vier verschiedenen Positionen 14, 14' in die Misch-/Reaktionskammern 9 fließen. In einer alternativen, hier nicht gezeigten Ausführungsform, kann die Fluidverteilungsplatte (**Ebene 1**) derart strukturiert werden, dass durch die Durchführungen 3a, 3b, 3c und 3d jeweils unterschiedliche Edukte fließen. In diesem Fall werden die Verteilkanäle 4a, 4b (**Ebene 3**) nicht benötigt. In dieser Ausgestaltungsform ist die gleichzeitige Mischung von bis zu vier Edukten möglich.

Wie Fig. 4a zeigt, werden die ringförmigen Reaktionskammern 9 oben durch die **Ebene 9** und unten durch die **Ebene 7** fluiddicht in Achsrichtung abgeschlossen.

Die Mischung fließt in den Misch-/Reaktionskammern 9 abwärts, um auf der **Ebene 7** (Fig. 5b) durch Auslässe 19 in Form von mikrostrukturierten Aussparungen in den Sammelkanälen

8a und 8b auszuströmen. Die Auslässe 19 können alternativ auch in Form eines einzelnen ringförmigen Auslasses gestaltet sein. Gleichzeitig dichtet die Folie der **Ebene 7** die Misch-/Reaktionskammern 9 fluiddicht nach unten ab. Über die Sammelkanäle 8a und 8b gelangt die Mischung schließlich zur Abflussöffnung 20 auf den **Ebenen 1** und **0**.

Die Temperaturmessung kann in unmittelbarer Nähe der Misch-/Reaktionskammern 9 durch Temperatursensoren 21 (Fig. 1) erfolgen. Dabei können sowohl die Temperatur der zugeführten Edukte A und B als auch die Temperatur der Mischung ermittelt werden. Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 sind die Temperatursensoren 21 in Durchbrechungen der Auflageplatte 1a des Gehäuses im Bereich der Kanäle 18a und 18b sowie im Bereich des durch die Aussparung 19 gebildeten Auslasses angeordnet.

Erfindungsgemäß kann die Temperatur der Mischungsreaktion direkt z. B. durch ein Temperierfluid Ku kontrolliert werden. Das Temperierfluid Ku wird durch einen Zufuhrkanal 11 auf der **Ebene 10** den Temperierzylindern 7 von oben auf der **Ebene 9** zugeführt. Das Temperiermedium fließt im Innern der Temperierzylinder 7 abwärts und kühlt bzw. heizt auf diese Weise die innere Oberfläche der Misch-/Reaktionskammern 9, die in Form eines Kreisringes gestaltet sind. Da die Wandstärken zwischen 50 µm und 1 mm dick sind, ergibt sich eine sehr effektive Wärmeübertragung auf die Mischung bzw. Wärmeabfuhr von der Mischung, wodurch auch bei stark exothermen oder endothermen Mischreaktionen isotherme Prozessbedingungen vorhanden werden.

Die Temperierzylinder 7 werden gehalten durch mikrostrukturierte Brücken 13 in den Misch-/Reaktionskammern 9. Diese Mikrostrukturen 13 dienen zugleich der zusätzlichen Verwirbelung der Edukte A und B und damit einer schnelleren Vermischung. Vorteilhaft werden die Positionen der Mikrostrukturen 13 so gewählt, dass sie bei einer Drehung der Folien der **Ebenen 8b** nicht direkt übereinander liegen. Damit wird auf einfache Weise erreicht, dass die Edukte A und B zwischen den Mikrostrukturen 13 der verschiedenen Ebenen hindurch fließen können. Wie Fig. 4a zeigt, haben die Brücken 13 eine geringere Dicke als die betreffende Folie, an der sie ausgebildet sind, so dass sich eine Brücke 13 nicht über die gesamte Dicke der Folie erstreckt. Fig. 4b zeigt bei A-A die Schnittlinie der Schnittdarstellung in Fig. 4a.

Um die Edukte A und B bereits vor den Misch-/Reaktionskammern 9 vorheizen zu können, können alternativ jeweils zwischen den Folien der **Ebenen 8a** und **8b** Folien eingefügt werden, die Heizeinrichtungen tragen, z. B. in Form von strukturierten Kanälen, durch die ein Heizfluid fließt.

In einer alternativen Ausführungsform werden sowohl die Mikrostrukturen 13 als auch die Wände der Misch-/Reaktionskammern 9 mit einem Katalysator beschichtet. Zudem ist eine Alternative vorgesehen, nach der die Folien der **Ebenen 8a** und **8b** vollständig aus einem katalytischen Material gefertigt sind.

Das Temperierfluid Ku fließt auf der **Ebene 5** in eine Auffangwanne 5. Anschließend wird es durch die Rückführungen 6a und 6b wieder nach oben gepresst, diesmal außen entlang der Misch-/Reaktionskammern 9. Damit werden nunmehr in vorteilhafter Weise auch die äußeren Oberflächen der Misch-/Reaktionskammern 9 temperiert. Auch hier ist die Wandstärke zwischen Rückführungen 6a und 6b sowie Misch-/Reaktionskammern 9 zwischen 50 µm und 1 mm dick, so dass wiederum eine sehr gute Wärmeübertragung erreicht wird. Gleichzeitig dienen die Rückführungen 6a und 6b zur thermischen Isolierung der Kammern 9. Das Temperierfluid Ku wird schließlich abgeführt durch den Abfuhrkanal 12 auf der **Ebene 10**.

Alternativ kann in den zentralen Temperierzylinder 7 und/oder den Rückführungen 6a und 6b z. B. eine elektrische Heizvorrichtung z. B. in einfachster Form durch elektrisch isolierte Heizwiderstandsdrähte oder Heizwiderstandsfolien eingebaut werden.

In einer, hier nicht gezeigten, alternativen Ausführungsform wird die Mischung durch die Abflussöffnung 20 nicht abgeführt, sondern zur Verbesserung des Mischergebnisses oder zur Zumischung weiterer Edukte oder zur Verlängerung der Verweilzeit weiteren Misch-/Reaktionskammern 9 zugeführt, die sich parallel zu der Reihe der ersten Misch-/Reaktionskammern 9 befinden. Aufgrund der geringen geometrischen Ausdehnung der Misch-/Reaktionskammern 9 kann diese aufeinander folgende Zuführung auf engstem Raum erfolgen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform werden den Misch-/Reaktionskammern 9 ein Katalysator tragendes Fluid Ka oder eine Mischung stabilisierender Hilfsstoff zugeführt. Das Fluid Ka wird über die Verteilerstruktur 16 der **Ebene 8c** (Fig. 6) zugeführt.

Von dort fließt es über Durchbrüche 15 und 15' z. B. von oben in die Misch-/Reaktionskammern 7, sofern sich die Misch-/Reaktionskammeröffnung 19 unterhalb der Misch-/Reaktionskammern 9 befinden. Ansonsten erfolgt die Zuführung von unten. Auf diese Weise wird erreicht, dass z. B. der Katalysator eine möglichst große Verweilzeit in den Misch-/Reaktionskammern 9 hat und mit allen Teilfluidströmen effektiv in Kontakt kommt.

Alternativ handelt es sich bei dem Fluid Ka, das über die Durchbrüche 15 und 15' zugeführt wird z. B. um einen inerten Stoff, der in angepassten Mengen zugeführt wird, so dass er als treibendes Medium die Mischung beschleunigt aus den Misch-/Reaktionskammern 9 drückt und dadurch eine erheblich reduzierte Verweilzeit für die Mischung bringt. Auf diese Weise können Verweilzeiten von wenigen Mikrosekunden erreicht werden, was besonders vorteilhaft bei extrem schnellen Mischreaktionen ist. Hierdurch wird eine Verstopfung der Vorrichtung verhindert.

Fig. 5b zeigt in **Ebene 7** die Struktur des Ablaufkanals 20 der Mischung, wobei an zwei seitlich etwa tangential zu den ringförmigen Kammern 9 verlaufenden Kanälen 8a und 8b Aussparungen 19 zwischen den Flachkanälen 6a und 6b ausgebildet sind, die mit der bei diesem Ausführungsbeispiel in der **Ebene 8a** darüber liegenden Reaktionskammern 9 in Verbindung stehen. Wie Fig. 5c in **Ebene 8a** zeigt, tritt die in der Reaktionskammer 9 erzeugte Mischung M nach unten durch die Aussparungen 19 in der **Ebene 7** aus und gelangt zur Auslassöffnung 20. Die Folie bzw. **Ebene 7** schließt zwar die ringförmigen Reaktionskammern 9 der **Ebenen 8** axial nach unten fluiddicht ab, bildet aber zugleich durch die Aussparungen 19 Ablauföffnungen. Bei einer abgewandelten Ausführungsform können solche Ablauföffnungen 19 auch an der die Reaktionskammer 9 oben abdeckenden Folie bzw. Ebene vorgesehen werden, je nach Art des Betriebs der Vorrichtung.

Die beschriebene Mikrostruktur zum Mischen von wenigstens zwei Fluiden kann sehr geringe Abmessungen aufweisen. Die Dicke der Platten bzw. Folien F kann zwischen 50 und 500 μ liegen. Die Wandstärke zwischen den Flachkanälen 6a, 6b und der Reaktionskammer 9 und die Wandstärke 7a des Temperierzylinders 7 kann bevorzugt zwischen 50 und 500 μ , insbesondere zwischen 100 und 300 μ liegen. Der Temperierzylinder 7 kann in wenigstens einer horizontalen Richtung einen Durchmesser von weniger als 1 mm haben. Entsprechend kann der Durchmesser der ringförmigen Reaktionskammer 9 zumindest in einer horizontalen Richtung weniger als 2 mm betragen. Dagegen kann die Höhe der Reaktionskammer 9 je nach

Bedarf ausgelegt werden und beispielsweise eine Abmessung zwischen 5 mm und 20 mm haben.

Bezugszeichenliste

1	Gehäuse für Mikromischreaktor
1a	Auflageplatte
2	Folienstapel
3a - 3d	Durchbrüche für Eduktzuführungen
4a, 4b	Verteilkanäle
5	Auffangwanne
6a, 6b	Rückführungen für das Kühl-/Heizmedium
7	Zentraler Kühl-/Heizzyylinder
8a, 8b	Sammelkanäle für die Mischung
9	Misch-/Reaktionskammer
10a, 10b	Zufuhrkanäle zu der Misch-/Reaktionskammer
10a', 10b'	Invertierte Zufuhrkanäle zu der Misch-/Reaktionskammer
11	Zufuhrkanal Kühl-/Heizmedium
12	Abfuhrkanal Kühl-/Heizmedium
13	Mikrostrukturen zur Verwirbelung
14, 14'	Einlassdüsen der Zufuhrkanäle 10a - 10b'
15, 15'	Zufuhröffnungen zu den Misch-/Reaktionskammer 9 z. B. für einen Katalysator
16	Verteilerstrukturen z. B. zur Katalysatorzuführung
17	Bohrungen zur Zuleitung der Edukte
17a	Bohrung zur Ableitung der Mischung
18a, 18b	Zuleitungen für Edukte
18c, 18d	Verteilerarme zur Verteilung der Edukte
19	Misch-/Reaktionskammeröffnung
20	Abflussöffnung für Mischung
21	Temperatursensoren
22, 22'	Durchbruch Katalysatorzuführung
23	Durchbruch Zuführung Temperierfluid

24 Durchbruch Abführung Temperierfluid

25 Katalysatorzuführung

Ebene 0 -

Ebene 12 Unterschiedliche Funktionsebenen

A Edukt A

B Edukt B

F Folie, Platte

F1 Aussparungen

M Mischung

Ku Temperierfluid

Ka Katalysatorfluid

S Folienstapel

Patentansprüche

1. Verfahren zum Mischen von wenigstens zwei Fluiden (**A** und **B**), umfassend:
 - Einleiten der Fluide als Teilströme in eine Misch-/Reaktionskammer (**9**), wobei sie auf einen zentral in der Misch-/Reaktionskammer befindlichen Temperierzylinder (**7**) auftreffen und zumindest partiell um ihn herum fließen,
 - Kontrolle des Mischprozesses durch den genannten Temperierzylinder (**7**) und/oder durch außen an die Misch-/Reaktionskammer (**9**) angrenzende Temperiereinrichtungen (**6a**, **6b**),
 - Abführung der Mischung durch eine Öffnung (**19**) im Boden oder im Deckel der Misch-/Reaktionskammer (**9**).
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Fluide getrennt als benachbarte und/oder übereinander liegende Teilströme und/oder im Wesentlichen gegenüber liegend in die Misch-/Reaktionskammer eingeführt werden, wobei die Einleitung bevorzugt so erfolgt, dass sich benachbarte Teilströme, bevorzugt unmittelbar, kreuzen.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilströme der zu mischenden Fluide durch sich in der Misch-/Reaktionskammer befindliche statische oder bewegliche Mikrostrukturen zerteilt, umgelenkt oder gebrochen werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenwände der Misch-/Reaktionskammern sowie die sich in den Misch-/Reaktionskammern befindlichen Mikrostrukturen mit einem Katalysator beschichtet sind oder die Mikrostrukturen aus einem katalytisch wirkenden Material bestehen.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Misch-/Reaktionskammer eine im Wesentlichen zylinderartige Form bevorzugt mit rundem oder elliptischem Querschnitt besitzt.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Misch-/Reaktionskammer in einer horizontalen Richtung einen Radius kleiner als 2 mm besitzt.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in die Fluide oder in die Misch-/Reaktionskammer ein weiteres Fluid, beispielsweise ein einen die Mischung stabilisierenden Hilfsstoff aufweisendes Fluid oder ein einen Katalysator tragendes Fluid (**Ku**), eingeleitet wird, wobei die Einleitung bevorzugt durch eine Öffnung gegenüber dem Auslass (19) der Mischung im Deckel oder im Boden erfolgt.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Mischungsverhältnis der Fluide durch die Anzahl der Teilströme der Fluide eingestellt werden kann.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Mischung der Fluide gleichzeitig in eng benachbarten Misch-/Reaktionskammern (9) erfolgt.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Mischung durch ein Hintereinanderschalten der Misch-/Reaktionskammern (9) erfolgt.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei endothermen Reaktionen die Fluide bereits mit der notwendigen Temperatur den Misch-/Reaktionskammern zugeleitet werden, so dass die Temperiereinrichtungen nur noch die bei der endothermen Mischungsreaktion umgewandelte Wärme wieder zuführen müssen.
12. Mikromischreaktor zum Mischen von wenigstens zwei Fluiden mit einer getrennten Zuführung der Fluide (**A** und **B**) in im Wesentlichen gegenüber liegenden Fluidteilströmen in eine Misch-/Reaktionskammer (9), dadurch gekennzeichnet, dass sich bevorzugt zentral in der Misch-/Reaktionskammer (9) eine zylindrische Temperiereinrichtung (7) befindet.

13. Mikromischreaktor nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die zylindrische Temperiereinrichtung (7) bevorzugt einen runden bzw. elliptischen Querschnitt besitzt und in mindestens einer horizontalen Richtung einen Durchmesser von weniger als 1 mm hat.
14. Mikromischreaktor nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Misch-/Reaktionskammer (9) bevorzugt einen runden oder elliptischen Querschnitt besitzt und in mindestens einer horizontalen Richtung einen Durchmesser von weniger als 2 mm hat.
15. Mikromischreaktor nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Mischung durch eine Öffnung (19) am Boden oder am Deckel kontinuierlich abgeführt wird.
16. Mikromischreaktor nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Misch-/Reaktionskammer (9) eine Höhe zwischen 5mm und 20 mm hat.
17. Mikromischreaktor nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass sich im Innern starre und/oder bewegliche Strukturen (13) befinden, die in mindestens einer Dimension kleiner als 1 mm sind, so dass die Fluidteilströme an ihnen zerteilt, umgelenkt und/oder gebeugt werden.
18. Mikromischreaktor nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass sich außen um die Misch-/Reaktionskammer (9) eine weitere Temperiereinrichtung (6a, 6b) befindet, in der vorteilhaft bei fluiden Heiz- oder Kühlmedien die Heiz- oder Kühlmedien wieder zurück geführt werden.
19. Mikromischreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenwände der Misch-/Reaktionskammer (9) und/oder die Mikrostrukturen (13) im Innern der Misch-/Reaktionskammer (9) mit einem Katalysator beschichtet sind oder aus einem katalytisch wirkenden Material bestehen.
20. Mikromischreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Energiezufuhr zur Heizeinrichtung (6a, 6b, 7) bevorzugt

durch ein wärmeleitendes Fluid oder elektrisch, bevorzugt durch eine Widerstandsheizung, erfolgt.

21. Mikromischreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlung durch ein Fluid erfolgt.
22. Mikromischreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Kühlfluid die Misch-/Reaktionskammer (9) innen und/oder außen umströmt.
23. Mikromischreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wandstärke zwischen den Temperiereinrichtungen (6a, 6b, 7) und der Misch-/Reaktionskammer bevorzugt zwischen 50 µm und 500 µm, besonders bevorzugt zwischen 100 µm und 300 µm, dick sind.
24. Mikromischreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Fluidteilströme in Zuführkanälen (10a, 10b, 10a', 10b') zu der Misch-/Reaktionskammer geführt werden, die sich gleichzeitig in der Breite und Höhe verjüngen.
25. Mikromischreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zuführkanäle (10a, 10b, 10a', 10b') im Bereich der Einlassdüsen (14, 14') bevorzugt eine Breite zwischen 30 µm und 150 µm und eine Tiefe zwischen 20 µm und 250 µm aufweisen.
26. Mikromischreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einlassdüsen (14, 14') der Zuführkanäle (10a, 10b, 10a', 10b') so gestaltet sind, dass sich direkt neben bzw. untereinander liegende Fluidteilströme möglichst unmittelbar nach ihrem Eintritt in die Misch-/Reaktionskammer gegenseitig durchkreuzen oder zumindest annähernd kreuzen.
27. Mikromischreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilströme der Fluide auf mindestens zwei Ebenen (8a, 8b) der Misch-/Reaktionskammer (9) zugeführt werden.

28. Mikromischreaktor dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Misch-/Reaktionskammern (9) in Reihe in unmittelbarer Nähe zueinander angeordnet sind.
29. Mikromischreaktor nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Fluide durch Verteilkanäle (4a, 4b) entsprechend der Durchflussmenge der Fluide variabel auf mindestens eine oder mehrere Misch-/Reaktionskammern (9) verteilt werden.
30. Mikromischreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass er aus aufeinander gestapelten und fluiddicht verbundenen Platten oder Folien besteht.
31. Mikromischreaktor nach Anspruch 12 oder Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der die Ebenen (8a und 8b) bildenden Platten oder Folien der Durchflussmenge der Fluide angepasst ist.
32. Mikromischreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche 12 und 28, dadurch gekennzeichnet, dass sich gegenüber dem Mediumsauslass (19) mindestens ein Einlass (15, 15') für die Zuleitung beispielsweise eines die Mischung stabilisierenden Hilfsstoff aufweisendes Fluid oder ein einen Katalysator tragendes Fluid befindet oder z. B. ein inertes Fluid, das die Mischung beschleunigt aus den Misch-/Reaktionskammern (9) drückt.
33. Mikromischreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Bodenplatte (Ebene 5) Kanalstrukturen (5) für die Umleitung des Heiz-/oder Kühlfluids enthält.
34. Mikromischreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich zwischen den Ebenen (8a und/oder 8b) Heizeinrichtungen befinden.
35. Mikromischreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Platten oder Folien entsprechend der verwendeten Fluide oder der sich ergebenden Mischungen aus hinreichend inertem Material,

bevorzugt Metalle, Legierungen, Edelstähle, Verbundmaterialien, Glas, Keramik oder Kunststoff, gefertigt sind.

36. Mikromischreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Platten oder Folien bevorzugt eine Dicke zwischen 50 μm und 500 μm aufweisen.
37. Mikromischreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Misch-/Reaktionskammern (9) nicht nur in Reihe oder in Zeilen, sondern in Reihen und Zeilen angeordnet sind.
38. Mikromischreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Misch-/Reaktionskammern (9) zum Teil fluidisch miteinander verbunden sind, so dass die Mischung mehrstufig erfolgt.
39. Mikromischreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass er in einem Gehäuse untergebracht ist.
40. Mikromischreaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die fluidisch dichte Verbindung der Platten oder Folien durch Verpressen, Nieten, Kleben, Löten, Schweißen, Diffusionslöten, Diffusionsschweißen oder Widerstandsschweißen erfolgt.
41. Verwendung des Verfahrens und/oder des Mikromischreaktors nach einem oder mehreren vorhergehenden Ansprüche zum Reagieren mindestens zweier Stoffe, wobei beide Stoffe in einem eingeleiteten Fluid oder ein erster Stoff in einem Fluid und ein zweiter Stoff in einem weiteren Fluid enthalten sind.
42. Verwendung des Verfahrens und/oder des Mikromischreaktors nach einem oder mehreren vorhergehenden Ansprüchen zur Herstellung einer gas-flüssig-Dispersion, wobei in einem eingeleiteten Fluid ein Gas oder ein Gasgemisch und mindestens in einem weiteren eingeleiteten Fluid eine Flüssigkeit, ein Flüssigkeitsgemisch, eine Lösung, eine Dispersion oder eine Emulsion enthalten sind.

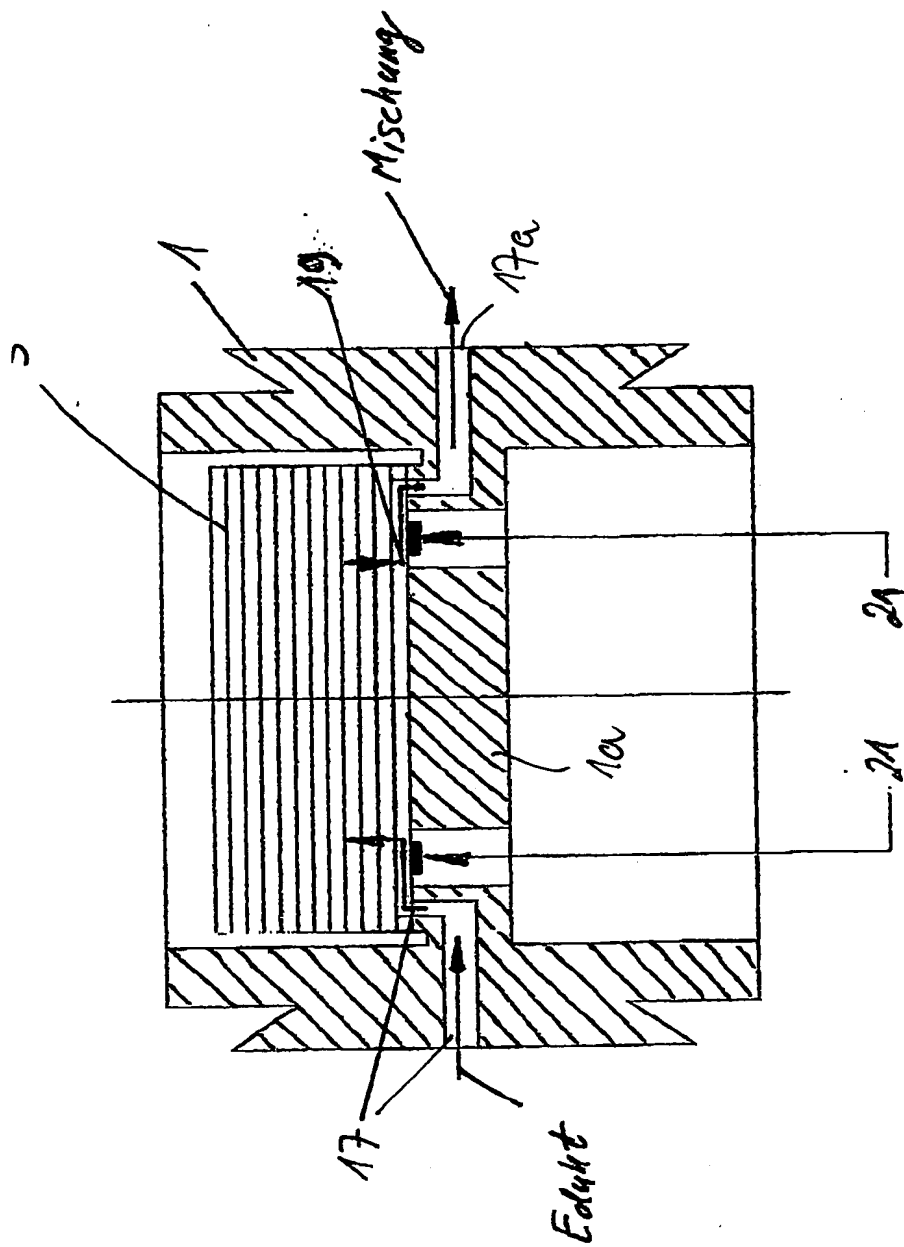


Fig. 1

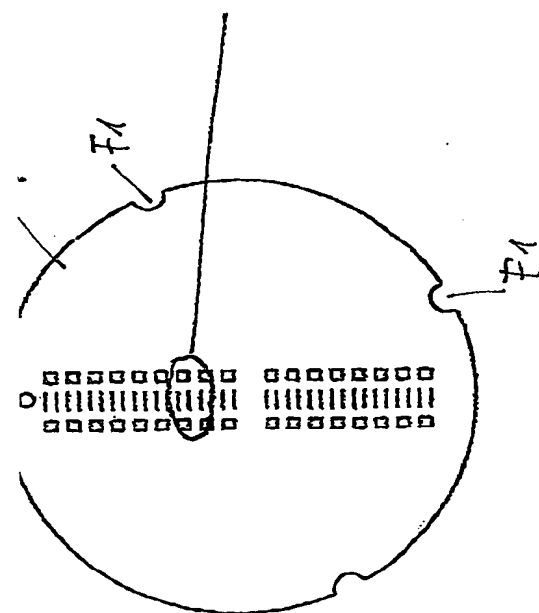


Fig. 2a

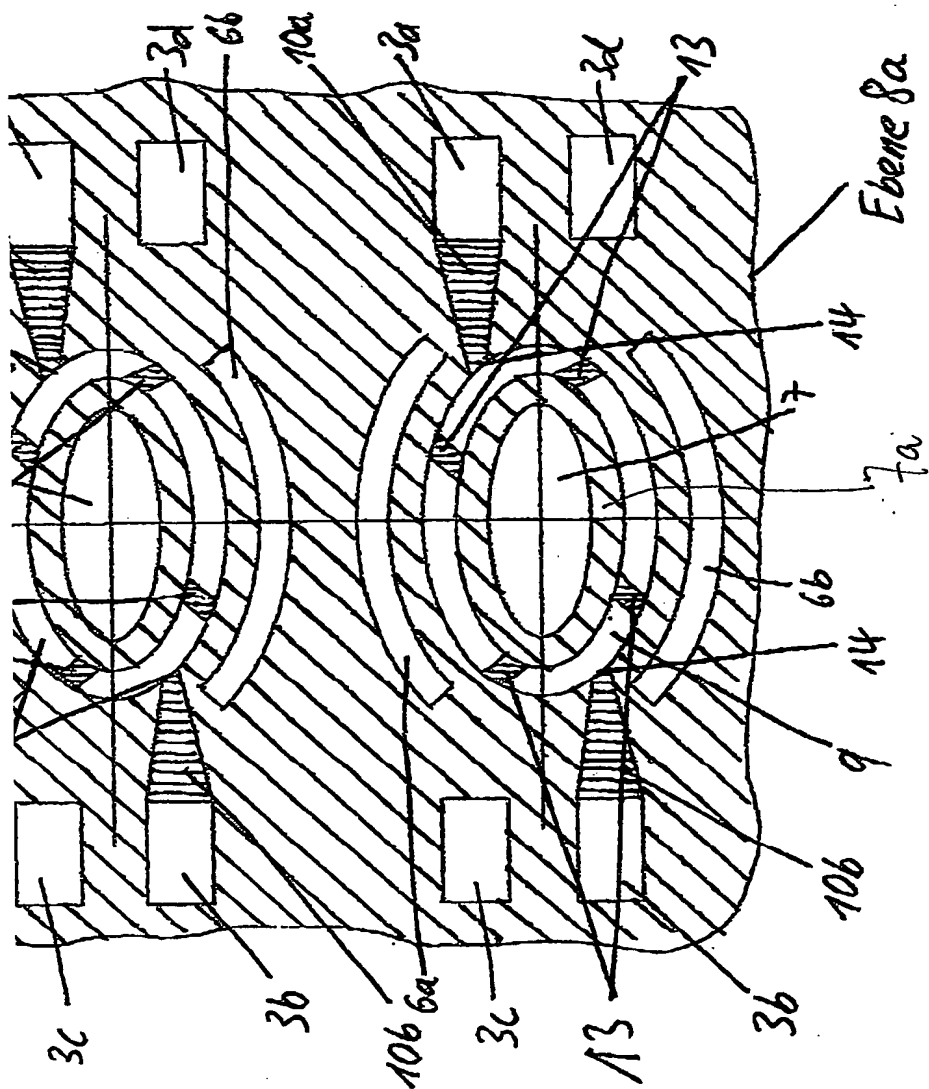


Fig. 2b



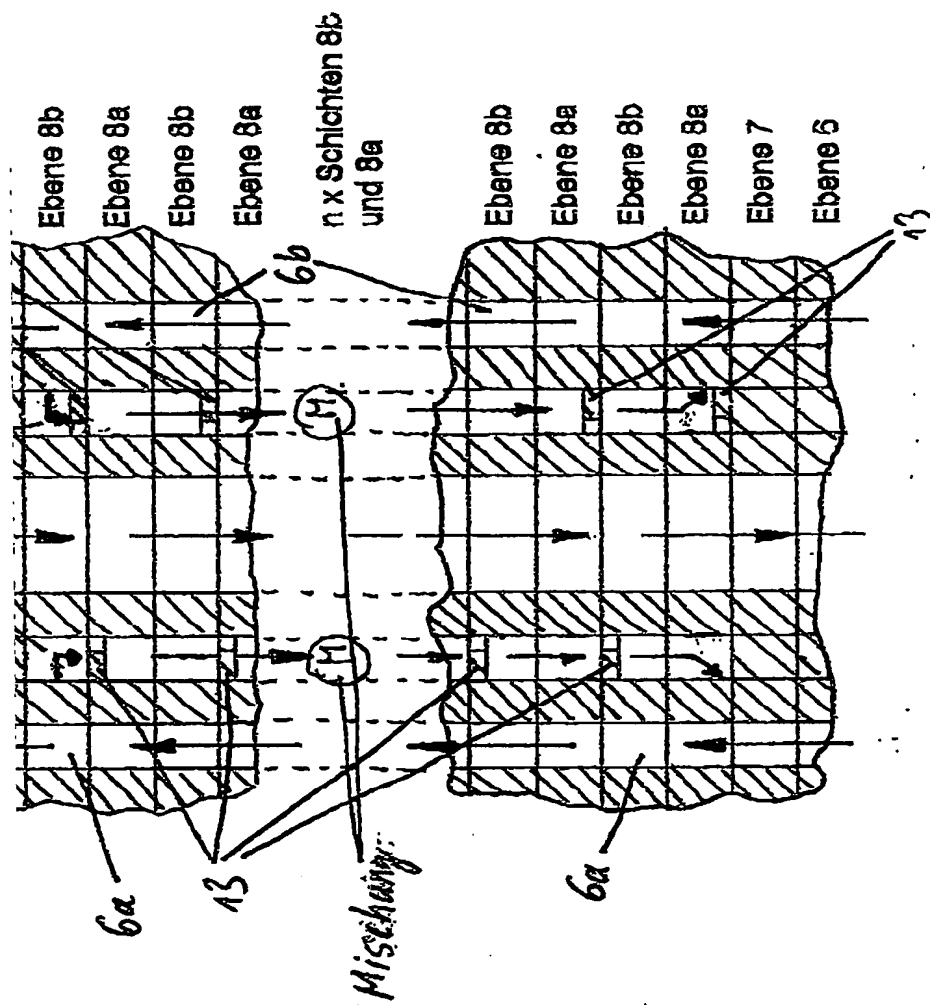


Fig. 4a

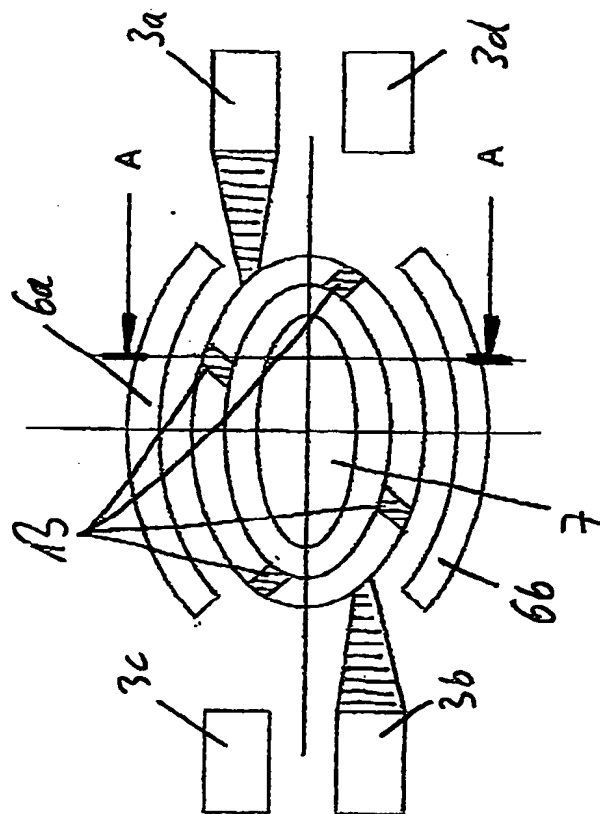


Fig. 4b

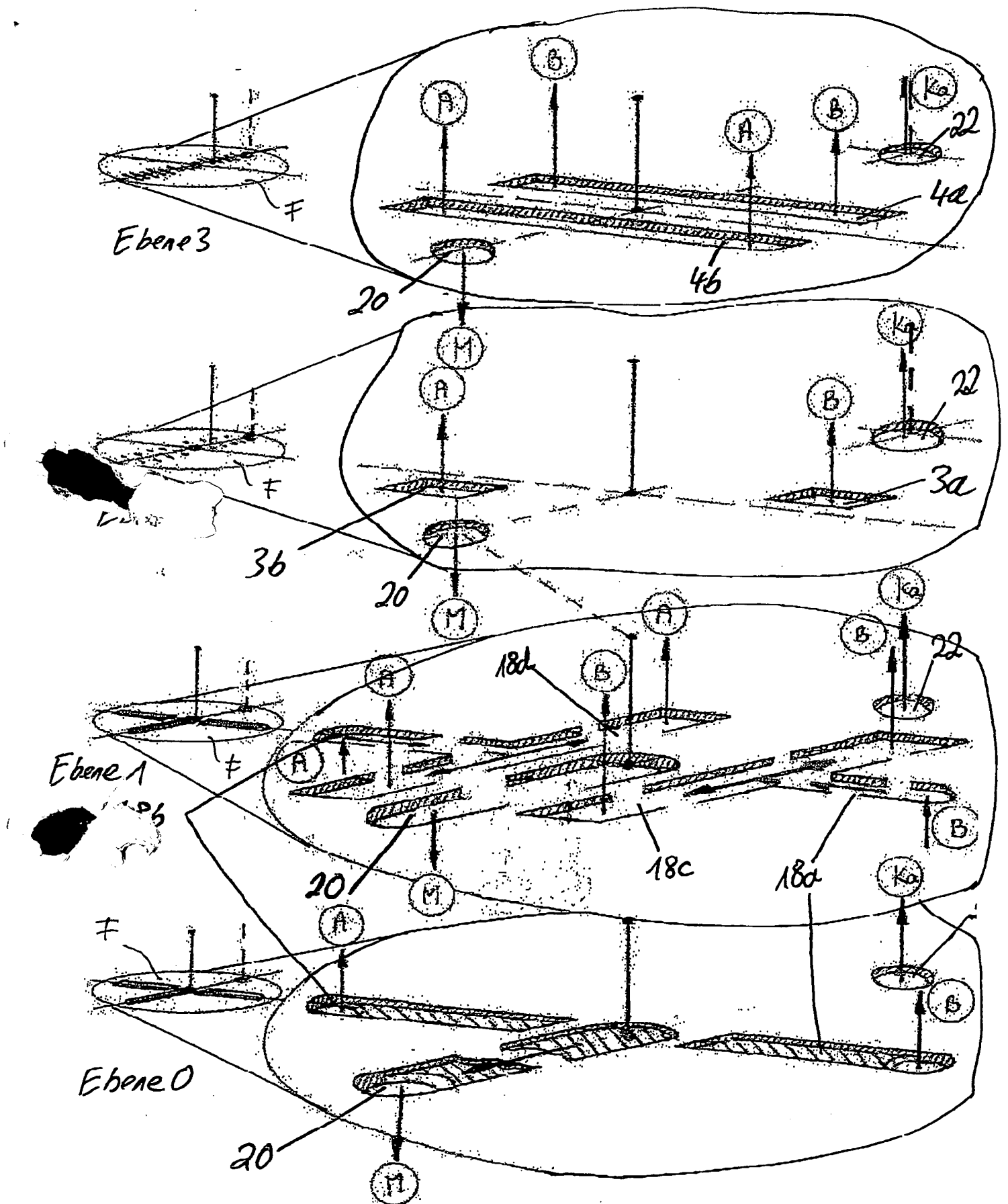


Fig 5a

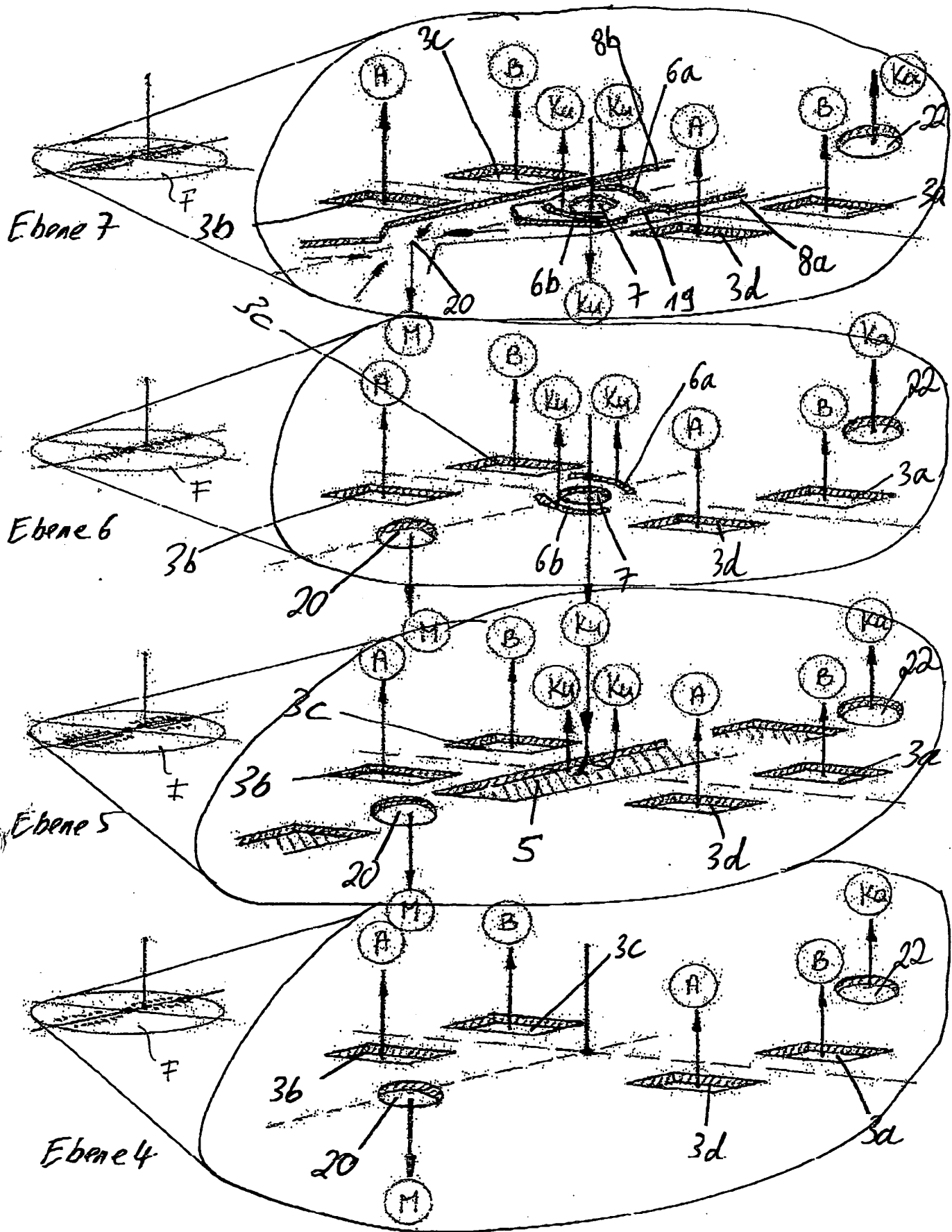


Fig. 5b

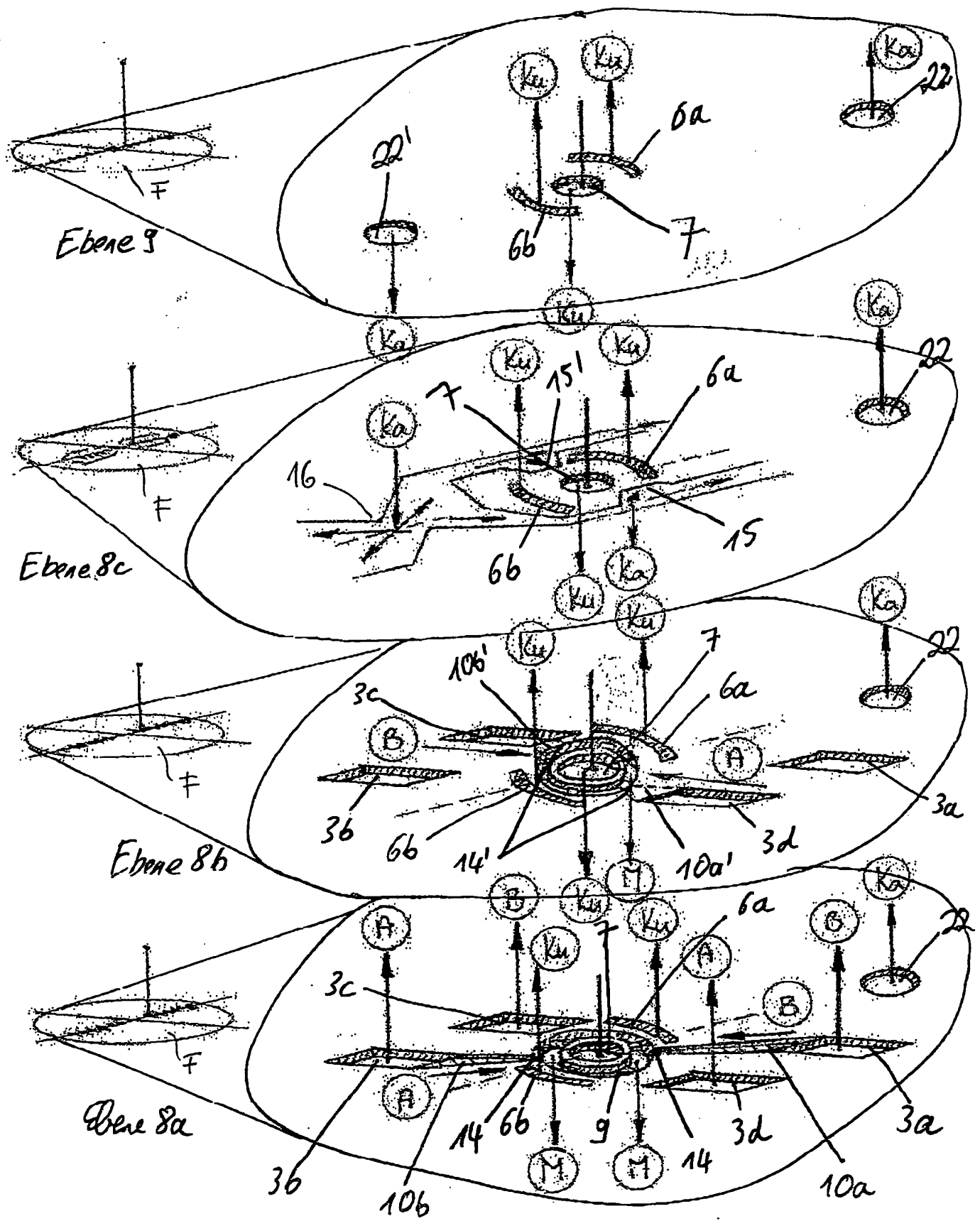


Fig. 5c

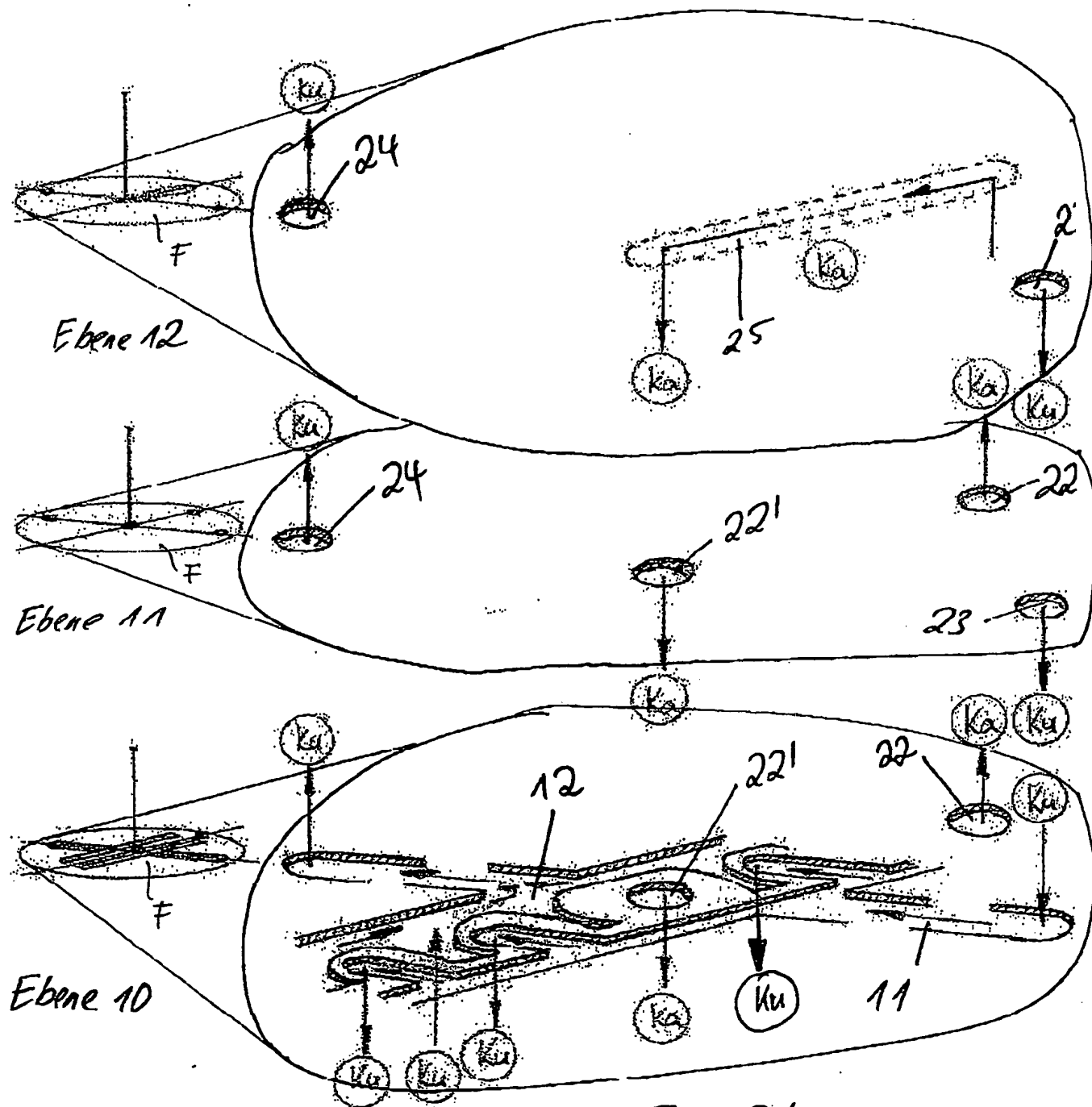


Fig. 5d

